

# REKAYASA TATA CAHAYA ALAMI PADA RUANG LABORATORIUM (Studi Kasus: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya)

Fathimah<sup>1</sup>, Jusuf Thojib<sup>2</sup>, M. Satya Adhitama<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Alamat Email penulis: [fathimah2204@gmail.com](mailto:fathimah2204@gmail.com)

## ABSTRAK

Bangunan pendidikan merupakan kebutuhan penunjang aktivitas pada suatu kawasan. Penggunaan energi pada bangunan khususnya sekolah atau universitas, dapat mencapai 40% untuk pencahayaan. Laboratorium adalah salah satu jenis ruang yang menggunakan pencahayaan buatan meskipun aktivitas dilakukan pada pagi hingga sore hari. Hal ini terlihat pada sampel penelitian yang merupakan laboratorium di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Penggunaan pencahayaan buatan pada saat praktikum menjadi pencahayaan utama ditemukan pada keempat sampel ruang. Hal ini dipengaruhi oleh pencahayaan ruang yang tidak merata, ruang yang terlalu gelap, dan juga silau di area dekat bukaan. Melalui penelitian ini akan dilakukan simulasi pada masing-masing ruang dan rekomendasi desain pada ruang laboratorium untuk memaksimalkan potensi pencahayaan alami pada ruang. Variabel penelitian yang diobservasi dan direkayasa adalah dimensi, posisi, material bukaan dan dimensi, posisi, material pembayang matahari. Pada penelitian ini akan diukur pencahayaan alami dalam ruang eksisting lalu melakukan simulasi dengan variabel dan memberikan rekomendasi desain. Tahapan tersebut dilakukan untuk menghasilkan desain laboratorium dengan penggunaan pencahayaan alami sebagai pencahayaan utama dan tingkat pencahayaan alami dalam ruang sesuai dengan standar ruang laboratorium. Perubahan instrumen pencahayaan mempengaruhi pencahayaan dalam ruang sehingga pencahayaan lebih terang, merata dan memenuhi standar.

Kata kunci: simulasi, pencahayaan alami, laboratorium, instrumen pencahayaan.

## ABSTRACT

*Education building is a requirement for supporting activities in a region. Energy consumption in a school or university can reach 40% for lighting. Laboratory is one of all rooms that use electrical lighting even they use the laboratory from morning until noon. It shown at all samples in Faculty of Engineering Universitas Brawijaya. Electrical lighting used for main lighting because of unbalance lighting, glare and too dark lighting. Through this paper, it was simulated and developed recommendation for all samples to optimized natural lighting. Variabels to observed and simulated are lighting instruments which are involve dimension, position, material for lighting and dimension, position, material for shading. Existing daylight indoor will be simulated base on variables and make probabilities for recommendation. This paper purposed to make a design recommendation that natural lighting is the main lighting which is appropriate with lighting standard of laboratory. Modification of lighting instruments affecting indoor lighting become luminous, balance, and fulfill the standards.*

*Keywords : simulation, natural lighting, laboratory, lighting instruments.*

## 1. Pendahuluan

Bangunan pendidikan merupakan salah satu bangunan publik yang dibutuhkan untuk menunjang aktivitas pendidikan di suatu kawasan. Sebagai bangunan publik, biaya yang dikeluarkan untuk operasional gedung perguruan tinggi berasal dari masyarakat dan juga pemerintah, oleh karena itu penghematan energi dapat memberi dampak yang cukup baik bagi banyak pihak. Universitas Brawijaya merupakan salah satu universitas negeri yang memenuhi kebutuhan akan pendidikan tinggi di Kota Malang. Fakultas Teknik di Universitas Brawijaya memiliki beberapa gedung yang berada dalam satu lingkup dengan fungsi sebagai ruang kuliah, kantor, studio, bengkel dan laboratorium yang membutuhkan pencahayaan pada setiap aktivitasnya. Bangunan berpotensi menggunakan pencahayaan alami pada ruang saat siang hari karena lokasinya yang mendapat pencahayaan matahari sepanjang tahun. Melalui penelitian pencahayaan alami pada ruang laboratorium ini akan dikaji bagaimana pencahayaan alami didalam ruang melalui rekayasa tata cahaya alami pada masing-masing ruang. Objek studi dipilih berdasarkan ukuran ruang dan jendela, serta laboratorium yang menggunakan pencahayaan alami pada siang hingga sore harinya. Laboratorium tidak memiliki ketentuan khusus mengenai zat yang berbahaya terkena cahaya matahari langsung. Dari 40 laboratorium terpilih 4 laboratorium dengan fungsi dan kegiatan yang berbeda. Setelah dikaji latar belakang penelitian, berikut adalah beberapa identifikasi masalah yang ada pada objek penelitian ini:

- a. Adanya ruang dengan penggunaan pencahayaan buatan sepanjang hari.
- b. Pencahayaan tidak merata sehingga ruangan terlalu gelap pada satu sisi dan terang pada sisi lain
- c. Terdapat silau pada sisi yang berdekatan dengan bukaan.

Dari latar belakang penelitian diatas, penelitian difokuskan untuk mengetahui kinerja pencahayaan alami pada ruang dengan cara simulasi serta merekomendasikan desain instrumen pencahayaan alami pada ruang laboratorium Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1 *Pencahayaan Alami*

Menurut Standar Nasional Indonesia No. 03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami, pencahayaan alami merupakan pemanfaatan terang langit sebagai penerangan dalam ruang. Sehingga pencahayaan alami siang hari dapat dikatakan baik apabila pada pukul 08.00 hingga 16.00 waktu setempat, ruangan tidak gelap karena cahaya dapat masuk kedalam ruang. Pencahayaan dalam ruang juga merata dan tidak terdapat silau maupun perbedaan pencahayaan yang drastis diberbagai sudut.

Menurut Tregenza (2011), pencahayaan alami yang baik yaitu yang memenuhi kebutuhan akan pencahayaan sehari-hari dengan beberapa kriteria, yaitu:

- Pencahayaan sepanjang waktu, termasuk saat hari mulai gelap ataupun siang hari.
- Pencahayaan siang hari yang terang selama musim salju.
- Kebutuhan pengguna bangunan untuk merasakan kontak dengan dunia luar.
- Menghindari silau yang menyebabkan ketidaknyamanan atau mengurangi bahaya terhadap penglihatan pengguna.

Menurut Tregenza (2011) terdapat lima kesalahan umum dalam perancangan pencahayaan alami yaitu silau dari cahaya langsung, silau dari pantulan cahaya,

pantulan pada bidang kerja, cahaya yang terlalu terang, dan pencahayaan yang terlalu gelap.

## 2.2 *Bukaan pada Bangunan*

Menurut Manurung (2012) dalam bukunya *Pencahayaan Alami dalam Arsitektur*, bukaan merupakan salah satu upaya memasukkan cahaya alami ke bangunan. Secara umum, upaya pencahayaan alami pada ruang dibagi menjadi tiga yaitu melalui bagian samping, melalui bagian atas dan bagian bawah ruang. Ketiganya memiliki pengaruh pada tampilan bangunan, tampilan visual, penghawaan, hingga material dan struktur yang digunakan. Diambil pula teori mengenai orientasi jendela dan sistem kontrol jendela

Pencahayaan dari atas merupakan strategi untuk memungkinkan keseragaman dan iluminasi tinggi, namun berpotensi menimbulkan silau ketika cahaya yang masuk terlalu terang. Teori diambil dari Lechner (2007) mengenai beberapa strategi umum untuk memaksimalkan penggunaan *skylight*.

## 2.3 *Pencahayaan Laboratorium*

Aktivitas laboratorium berlangsung pada pagi hingga sore hari, memungkinkan pemanfaatan pencahayaan alami sebagai penerangan utama. Pengguna beraktivitas menggunakan alat pengujian (bukan cairan maupun komponen kecil), membaca serta menulis, sehingga penerangan yang dibutuhkan tidak setinggi laboratorium dengan tingkat ketelitian tinggi seperti laboratorium biologi maupun kimia. Jenis kegiatan pada laboratorium di Fakultas Teknik mirip dengan kegiatan pada bengkel kayu/ besi, namun khusus Laboratorium Fenomena Dasar Mesin memiliki kegiatan pengamatan alat pengujian.

Menurut aktivitasnya, pemakai laboratorium mengerjakan praktikum dengan detail yang cenderung wajar sampai besar. Jika dilihat dari KEPMENKES RI No 145, kebutuhan pencahayaan sesuai aktifitas adalah 200-400 lux. Sedangkan menurut jenis ruangnya, nilai faktor langit pada ruang laboratorium dan bengkel kayu 0,20-0,35 dari jarak jendela ke seberang.

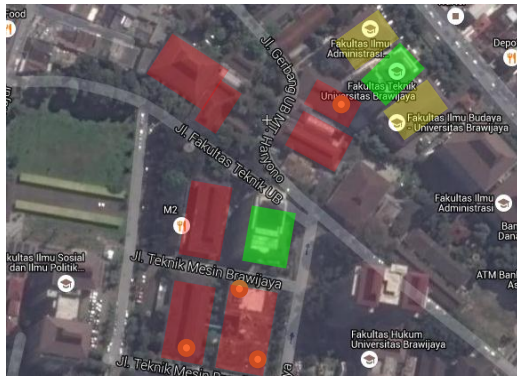
## 2.4 *Metode Umum Penelitian*

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental kuantitatif sebagai metode umum. Pembahasan memiliki alur deduktif yaitu menjelaskan bahasan umum terlebih dahulu lalu menjelaskan bahasan khusus. Penelitian diawali dengan pengumpulan data primer berupa survey lapangan, pengukuran, dokumentasi, dan simulasi. Pengumpulan data primer berjalan bersamaan dengan pencarian data sekunder yang berupa pustaka, standar, dan juga teori yang berkaitan. Metode deskriptif digunakan pada awal penelitian untuk memberikan deskripsi tentang situasi atau fenomena yang terjadi.

Metode eksperimental digunakan pada tahap simulasi kondisi eksisting dan desain. Lalu dilanjutkan dengan menentukan rekomendasi desain. Eksperimen pertama dilakukan pada kondisi eksisting ruang untuk mengetahui kinerja pencahayaan alami dalam ruang pada tanggal 21 Maret, 22 Juni dan 22 Desember pada pukul 09.00, 12.00, 15.00 WIB. Eksperimen kedua dilakukan saat simulasi desain berdasarkan variabel yang diteliti yaitu ukuran, posisi, material bukaan pencahayaan dan ukuran, posisi, material pembayang matahari. Simulasi eksperimental menggunakan *software* DiaLux 4.12.

Metode pengolahan data yaitu dengan cara melakukan validasi antara pengukuran langsung dan simulasi, untuk meyakinkan bahwa *software* menghasilkan data yang valid. Lalu dilanjutkan dengan menganalisis berdasarkan standar pencahayaan pada ruang laboratorium, disesuaikan dengan aktivitas didalamnya. Selanjutnya, dibuat beberapa alternatif untuk menghasilkan pencahayaan yang sesuai standar. Dari beberapa alternatif dipilih satu yang menjadi rekomendasi desain yang pencahayaannya memenuhi standar.

### 3. Hasil dan Pembahasan



**KETERANGAN:**  
■ : Bangunan 2 lantai  
■ : Bangunan 3 lantai  
■ : Bangunan 7 lantai  
● : Lokasi Laboratorium

Bangunan yang terpilih menjadi objek penelitian adalah laboratorium di Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jalan MT. Haryono 167 Malang, Jawa Timur. Penelitian ini fokus pada empat laboratorium yaitu laboratorium Jurusan Mesin (tiga laboratorium) dan Jurusan Pengairan (satu laboratorium). Kemiringan tapak dari arah Utara pada

Gambar 1. Visualisasi ruang Laboratorium Pengecoran Logam, Teknik Mesin

bangunan Teknik Mesin mencapai  $11^\circ$  ke arah Timur Laut, sedangkan pada bangunan Teknik dan Pengairan kemiringan tapak mencapai  $30^\circ$  ke arah Timur Laut.

#### 3.1. Analisis Sampel Ruang Laboratorium Pengecoran Logam

##### 1. Analisis Visual

Ruang Laboratorium Pengecoran Logam berada pada lantai 1 Gedung Mesin I dengan orientasi menghadap sisi selatan. Ruang berbentuk persegi dengan panjang dan lebar 12,8 meter, tinggi ruang sisi timur mencapai 7 meter sedangkan ruang sisi barat memiliki tinggi 3,2 meter karena dibangun ruang di atas yang berupa ruang kuliah. Luas bukaan jendela pada ruang mencapai 26% ( $40,32/154,88$ ) dari luas dinding. Bukaan berupa jendela terdiri dari dua jenis yaitu jendela mati dan hidup (*awning*) dengan orientasi ke sisi selatan dan timur bangunan. Setiap unit jendela memiliki lebar 1,5 meter dan tinggi 0,8 meter.



Gambar 2. Visualisasi ruang Laboratorium Pengecoran Logam, Teknik Mesin

##### 2. Analisis Pengukuran

Laboratorium pengecoran logam memiliki luas  $163,84 \text{ m}^2$  dengan kedalaman cahaya 6 meter. Berdasarkan SNI 16-7062-2004, penentuan titik ukur titik terlampaui sedikit dan dikhawatirkan tidak sesuai dengan kebutuhan pengukuran sehingga dipakai

standar 10-100 meter dengan jarak setiap titik ukur 3,2 meter menggunakan 12 titik ukur. Pengukuran menggunakan alat dilakukan pada satu waktu yaitu hari Selasa, 18 Mei 2016 pukul 09.00-09.16 WIB dengan keadaan langit cerah dan sedikit berawan.

**Tabel 1. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Laboratorium Pengecoran Logam**

Titik ukur	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hasil (lx)	143	143,6	158,1	126,2	101,5	117,3	157,4	132,7	214	103,1	71,5	51,2
Luar (klx)	64,9	64,7	66,3	63,7	69,2	64,5	60,1	59	60,9	59,7	62,3	62,7
DF (%)	0,22	0,22	0,24	0,20	0,15	0,18	0,26	0,22	0,35	0,17	0,11	0,08

### 3. Validasi

Validasi ruang Pengecoran Logam dilakukan sebelum melakukan analisis menggunakan software untuk mengetahui kesesuaian antara kondisi eksisting lapangan dan software. Simulasi menggunakan software dilakukan dengan membandingkan tingkat pencahayaan dengan pengukuran langsung. Rata-rata *relative error* harus kurang dari 20% untuk membuktikan keakuratan software. Setelah perbandingan dua macam pengukuran, didapatkan validasi dari keduanya 17%, hal ini masih dikategorikan dalam batas toleransi karena tidak melebihi 20%.

**Tabel 2. Perbandingan Pengukuran Lapangan dan Simulasi Laboratorium Pengecoran Logam**

Titik ukur	TU 1	TU 2	TU 3	TU 4	TU 5	TU 6	TU 7	TU 8	TU 9	TU 10	TU 11	TU 12
Eksisting	143	143,6	158,1	126,2	101,5	117,3	157,4	132,7	214	103,1	71,5	51,2
Simulasi (lux)	82	131	96	79	111	148	175	132	214	80	74	57
<i>Relative error</i>	43%	9%	39%	37%	9%	21%	10%	1%	0%	22%	3%	10%

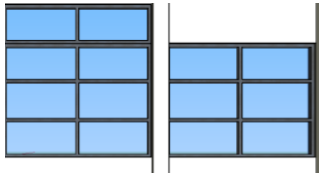

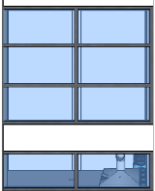
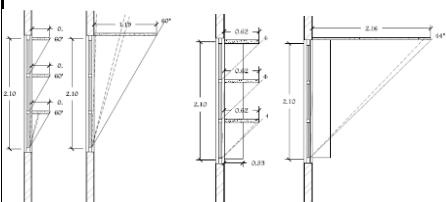
### 4. Analisis Simulasi

Simulasi dengan software DiaLux 4.12 dilakukan pada tiga hari yaitu tanggal 21 Maret, 22 Juni, dan 22 Desember. Waktu simulasi dipilih pada pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 menyesuaikan jadwal pemakaian ruang laboratorium. *Calculation surface* berada pada ketinggian 0,75 meter dari lantai. Standar pencahayaan pada ruang bengkel jika dilihat dari jenis ruangnya yaitu bengkel besi pada bangunan sekolah, minimal pencahayaan untuk area praktikum dengan rentang 350-450 lux sedangkan area diskusi 150-200 lux. Dari sembilan simulasi pada waktu yang ditentukan diambil benang merah pencahayaan pada ruang laboratorium pengecoran logam di area praktikum kurang 150 lux dari standar, sedangkan area diskusi kurang 100 lux dari standar. Berdasarkan hasil pengukuran dan juga simulasi, pencahayaan ruang laboratorium berada dalam kategori cukup terang namun tidak merata.


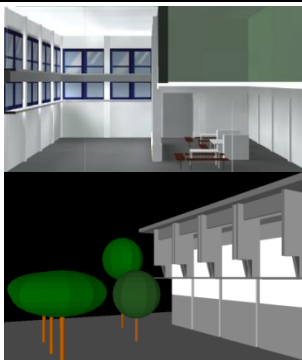
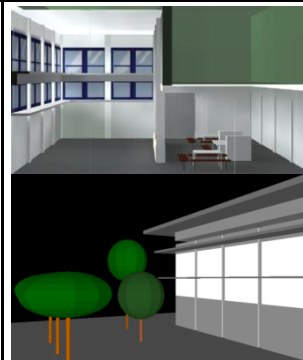
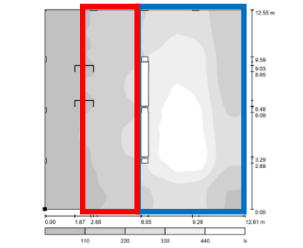
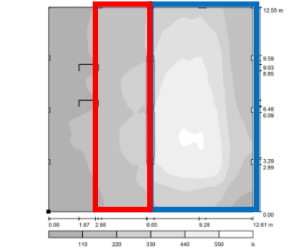
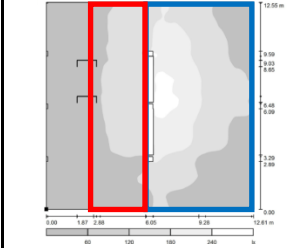
#### 3.2. Rekomendasi desain ruang

Setelah melakukan analisis, dibuat tiga alternatif desain yang nantinya dipilih menjadi rekomendasi desain.

**Tabel 3. Tipe-Tipe Perubahan Instrumen Pencahayaan**

	JENDELA	SHADING DEVICE
TIPE 1	Posisi diatas 	Eksisting 
TIPE 2	Dibawah jendela eksisting 	Pembayang sesuai SBV 
	Jendela eksisting 6,75 m <sup>2</sup> Setiap jendela ditambah 2,24 m <sup>2</sup>	SBV Timur 44° = 0,62 m, Selatan 60° = 0,3 m

**Tabel 4. Alternatif Desain Laboratorium Pengecoran Logam**

	Alternatif 1 (J1,S1)	Alternatif 2 (J2,S1S2)	Alternatif 3 (J2, S2)
DESAIN			
SIMULASI			

a. Alternatif 1

Pencahayaan pada area praktek (kotak biru) mengalami peningkatan rata-rata 100 lux dari kondisi eksisting dan sudah terpenuhi yaitu 300-400 lux. Namun area diskusi (kotak merah) yang masih kurang dari 150 lux. Pencahayaan masih kurang dibandingkan kebutuhan pencahayaan dengan aktivitas menulis, diskusi, dan membaca.

**Tabel 5. Perbandingan Pengukuran Lapangan, Simulasi, dan Alternatif 1 Laboratorium Pengecoran Logam**

Pengukuran Lapangan		Simulasi		Alternatif 1	
$\Sigma$ Daylight Indoor (Lx)	$\Sigma$ Daylight Factor (%)	$\Sigma$ Daylight Indoor (Lx)	$\Sigma$ Daylight Factor (%)	$\Sigma$ Daylight Indoor (Lx)	$\Sigma$ Daylight Factor (%)
126,63	0,201	181	1,1	222	1,36

Terdapat peningkatan rata-rata pencahayaan pada area praktikum sebanyak 30% dan peningkatan pencahayaan pada area diskusi sebanyak 20%. Alternatif 1 dapat diajukan menjadi rekomendasi karena pencahayaan jika alternatif lain tidak ada yang lebih tinggi dari segi pencahayaan dalam ruang dan DFnya.

b. Alternatif 2

Pencahayaan pada area praktek (kotak biru) sudah terpenuhi yaitu 350-450 lux, terdapat peningkatan rata-rata 100 lux dari kondisi eksisting dan pencahayaan lebih merata dilihat dari peta sebaran cahaya. Pencahayaan area diskusi terpenuhi dengan rentang 160-220 lux, meningkat 100 lux dari kondisi pencahayaan eksisting.

**Tabel 6. Perbandingan Pengukuran Lapangan, Simulasi, dan Alternatif 2 Laboratorium Pengecoran Logam**

Pengukuran Lapangan		Simulasi		Alternatif 2	
$\Sigma$ Daylight Indoor (Lx)	$\Sigma$ Daylight Factor (%)	$\Sigma$ Daylight Indoor (Lx)	$\Sigma$ Daylight Factor (%)	$\Sigma$ Daylight Indoor (Lx)	$\Sigma$ Daylight Factor (%)
126,63	0,201	181	1,1	250	1,53

Terdapat peningkatan rata-rata pencahayaan pada area praktikum sebanyak 30% dan peningkatan pencahayaan pada area diskusi sebanyak 200%. Alternatif 2 menjadi rekomendasi karena pencahayaan dalam ruang meningkat dan memenuhi kebutuhan aktivitas.

c. Alternatif 3

Pencahayaan pada area praktek (kotak biru) dan di area diskusi (kotak merah) masih kurang dari standar minimum pencahayaan pada ruang laboratorium sekolah (bengkel) yaitu minimal 350 lux pada area praktek dan 150 lux pada area diskusi.

**Tabel 7. Perbandingan Pengukuran Lapangan, Simulasi, dan Alternatif 3 Laboratorium Pengecoran Logam**

Pengukuran Lapangan		Simulasi		Alternatif 3	
$\Sigma$ Daylight Indoor (Lx)	$\Sigma$ Daylight Factor (%)	$\Sigma$ Daylight Indoor (Lx)	$\Sigma$ Daylight Factor (%)	$\Sigma$ Daylight Indoor (Lx)	$\Sigma$ Daylight Factor (%)
126,63	0,201	181	1,1	126	0,77

Pencahayaan dalam ruang mengalami penurunan dengan pemakaian shading devices yang sesuai dengan SBV. Pergantian shading devices membuat alternatif 3 tidak dapat menjadi rekomendasi karena pencahayaan menjadi lebih gelap. Alternatif 3 tidak dapat diajukan sebagai rekomendasi.

d. Rekomendasi Desain

Dari beberapa alternatif desain, dipilih satu untuk menjadi rekomendasi desain berdasarkan hasil simulasi yang dapat memenuhi kebutuhan pencahayaan berdasarkan aktivitas di dalamnya serta pencahayaan dapat merata di dalam ruang yaitu Alternatif 2.





Gambar 3. Visualisasi Rekomendasi Desain Laboratorium Pengecoran Logam, Teknik Mesin

#### 4. Kesimpulan

Pencahayaan pada ruang laboratorium di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya memiliki standar kuat penerangan yang berbeda menyesuaikan dengan aktivitas penggunaannya. Ruang laboratorium Pengecoran Logam, Motor Bakar, Fenomena Dasar Mesin dan Hidrolika Terapan menggunakan standar bengkel kayu/besi di bangunan sekolah dan juga menggunakan standar klasifikasi kualitas pencahayaan dengan pekerjaan tanpa konsentrasi yang besar. Berdasarkan proses analisis dan simulasi pada ruang laboratorium dapat disimpulkan dengan tiga pembahasan.

Bukaan pencahayaan alami berpengaruh terhadap kualitas pencahayaan dalam ruang. Ukuran bukaan pencahayaan alami juga mempengaruhi kualitas pencahayaan, semakin besar ukuran bukaan semakin banyak pencahayaan alami yang masuk kedalam ruang. Berdasarkan hasil rekomendasi, bukaan pencahayaan pada tiap ruang mengalami penambahan ukuran dan diletakkan antara 1.8-2.3 meter diatas lantai untuk memberikan pencahayaan yang lebih merata kedalam ruang.

*Shading device* dan *light shelves* berpengaruh terhadap distribusi cahaya dalam ruang. Hasil simulasi laboratorium Laboratorium Pengecoran Logam, Motor Bakar, dan Fenomena Dasar Mesin menunjukkan bahwa penerangan tidak merata dikarenakan bagian terjauh ruang dari bukaan termasuk gelap dan bagian tepi yang silau. Berdasarkan hasil rekomendasi kombinasi *shading device* dan *light shelves* sesuai dengan SBV ruang menjadikan distribusi cahaya lebih merata.

Material bukaan yang bening dapat digunakan pada ruang yang terlalu gelap agar terang langit lebih banyak masuk kedalam ruang. Pembayangan menggunakan material yang kasar untuk membaurkan cahaya sehingga tidak memantul ke dinding bangunan. Sedangkan untuk *light shelves*, material yang digunakan bertekstur halus atau licin sehingga dapat memantulkan cahaya kedalam ruang yang jauh dari sumber bukaan.

#### Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. 2001. *Standar Nasional Indonesia 03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami Pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. *SNI 16-7062-2004 tentang Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dora, Purnama Esa. 2011. *Optimasi Desain Pencahayaan Ruang Kelas SMA Santa Maria Surabaya*. Dimensi Interior vol 9 no 2, Desember 2011:67-79
- Laela, Nur Latifah. 2015. *Fisika Bangunan 1*. Jakarta: Griya Kreasi
- Mangunwijaya, YB. 1998. *Pengantar Fisika Bangunan*. Jakarta: Djambatan



- Manurung, Parmonangan. 2012. *Pencahayaan Alami dalam Arsitektur*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Neufert, Ernst. 1996. *Data Arsitek*. Jakarta: Erlangga
- Sihombing, Ferry Anderson. 2008. *Studi Pemanfaatan Pencahayaan Alami Pada Beberapa Rancangan Ruang Kelas Perguruan Tinggi di Medan*. Tesis. Tidak dipublikasikan. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Tregenza, Peter & Michael Wilson. 2011. *Daylighting, Architecture and Lighting Design*. London: Routledge Taylor & Francis Group.